

# El origen de las Islas Canarias: un modelo de síntesis

F. Anguita<sup>1</sup> y F. Hernán<sup>2</sup>

1 Dpto. de Petrología y Geoquímica, Facultad de CC. Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid.

2 Dpto. de Edafología y Geología, Facultad de CC. Biológicas, Universidad de La Laguna, 38204 La Laguna.

## ABSTRACT

*A new model, partially based on the three most widely cited previous hypotheses, is proposed to explain the genesis of the Canary Islands. From the hotspot hypothesis it retains the notion that the islands originated from a thermal anomaly in the mantle. From the propagating fracture hypothesis it takes the critical role of regional fractures in the onset of magmatism. The uplifted block hypothesis contributes with the notion that the islands are in their present freeboard attitude due to the action of tectonic forces.*

*The main drawbacks of the three preceding hypotheses are solved within this unifying approach: the thermal anomaly is an upper mantle residue from an old plume, and therefore it does not carry (or does it in a highly diluted form) the typical geophysical and geochemical plume signatures; the fractures are well expressed on the continental and oceanic crust, but not in the extremely thick sedimentary pile between the Canary Islands and Africa; and the Canary Islands uplift took place through transpressive shears, and not by means of purely reverse faults. This unifying model is considered to be a valid approach to a number of volcanic areas where, as has been highlighted in recent years, pure hotspot or pure fracture models are found wanting to explain oceanic or continental volcanic lines.*

**Key words:** *Canary Islands, Volcanology, hotspots, fracture volcanism.*

## INTRODUCCIÓN

Tres hipótesis principales se han propuesto para explicar el origen de las Islas Canarias: una pluma del manto, un vulcanismo de fractura conectado con el africano, y un conjunto de bloques elevados. Cada una de estas ideas, surgidas tras la revolución moviñista, explica sólo parcialmente la compleja geología del archipiélago:

- \* La fractura propagante (Anguita y Hernán, 1975) propone que las islas se formaron sobre un gran desgarre que enlaza Canarias con la Falla del Sur del Atlas. Pero no hay grandes fracturas actuales en el fondo marino entre el archipiélago y África, y además esta idea no explica la elevación tectónica (hasta 4 km) de los bloques que forman las islas. Tampoco es fácil justificar el gran volumen de magmas producidos en Canarias sin una fuente de magmatismo independiente de la tectónica.
- \* Los bloques levantados a favor de fallas inversas (Araña y Ortiz, 1986) resuelven el problema de la elevación de las islas, pero dejan otros muchos pendientes. El principal de ellos es el origen mismo de los magmas, ya que el ambiente compresivo está en principio reñido con el magmatismo.
- \* Las diversas variantes de la hipótesis que considera a las Canarias como un punto caliente nunca han podido

explicar (1) la larga historia volcánica (probablemente hasta 80 m.a.) de las islas; (2) las largas interrupciones (hasta 7 m.a.) en dicha actividad, que resulta por tanto descompuesta en ciclos magmáticos; (3) la baja productividad magmática de cada ciclo, y especialmente de los finales; (4) por qué hay vulcanismo reciente en seis de las siete islas; y, como consecuencia, por qué ningún extremo de la alineación canaria es subsidente; (5) la imposibilidad de explicar la evidente migración del vulcanismo hacia el Oeste mediante el movimiento hacia el Este de la placa africana; (6) la enorme variedad petrológica del archipiélago (los grupos de islas generados en plumas indiscutidas son monótonos); (7) la geoquímica isotópica, con relaciones  $^4\text{He}/^3\text{He}$  y  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  que no corresponden con las aceptadas para las plumas, o bien están en su límite; (8) la ausencia de una elevación del fondo oceánico y de un máximo del geoide en la zona de las islas; (9) la importante tectónica transcurrente, compresiva y distensiva tanto en las islas como en el fondo marino cercano, en la que destaca la presencia de importantes cizallas dúctiles en los complejos basales (Fernández *et al.*, 1997).

En sus intentos de adecuar el modelo del punto caliente a esta compleja realidad, sus defensores (p.ej., Schmincke, 1973; Carracedo *et al.*, 1998) han propuesto distintas va-

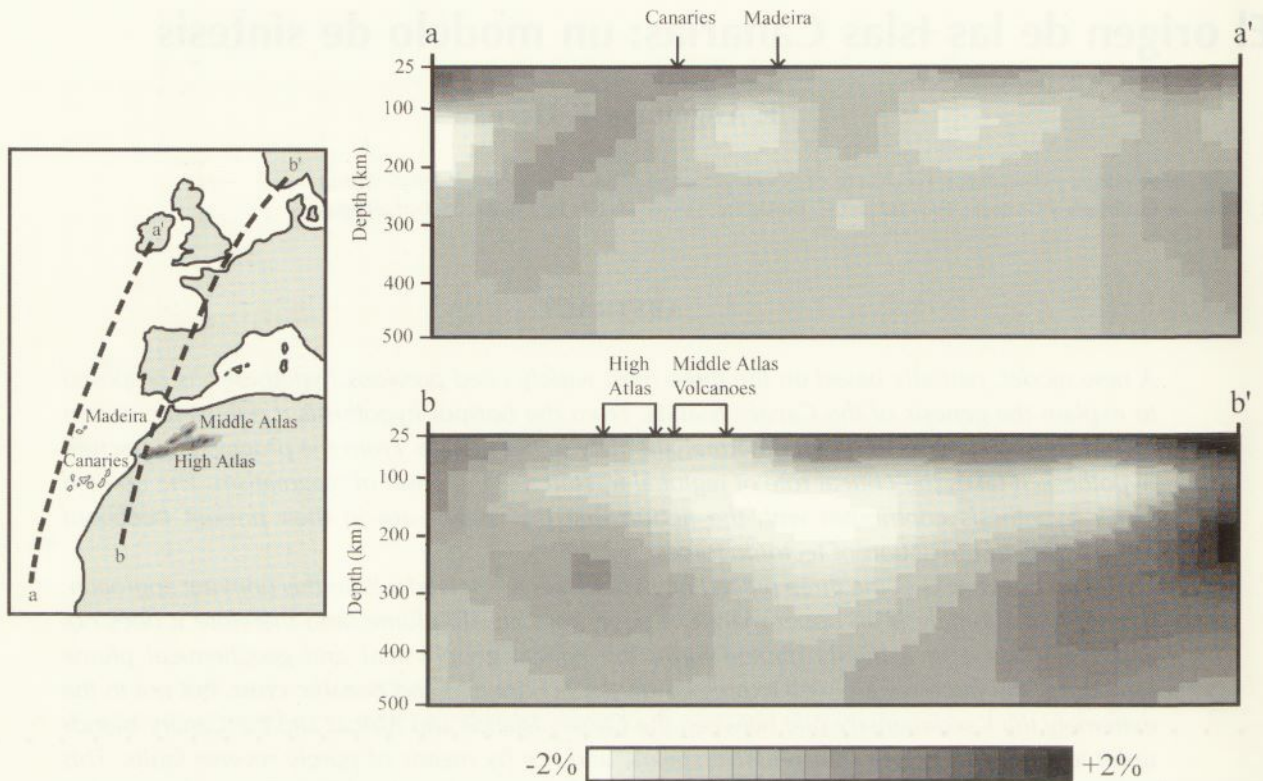


FIGURA 1: Resultados del experimento de tomografía sísmica llevado a cabo por Hoernle *et al.* (1995) en el área de Canarias. En el perfil a-a' puede verse la litosfera fría bajo Canarias; en el b-b' se distingue la misma anomalía térmica, aquí con más contraste, bajo el Atlas.

riantes. La más conocida es la hipótesis de la pluma inclinada (Hoernle y Schmincke, 1993), en la que todo el archipiélago recibe la influencia de una corriente de material magmático, sólo en parte fértil, que es arrastrada hacia el Este por el movimiento de la placa africana. Los periodos inactivos corresponderían a épocas en las que una isla estaba recibiendo material estéril; y la corriente se supuso lo bastante ancha como para justificar la actividad geológicamente simultánea en todas las islas. Sin embargo, esta variante ha encontrado otros inconvenientes: la placa africana podría estar inmóvil, o bien moverse demasiado lentamente como para arrastrar la supuesta corriente del manto; y la geometría supuesta para el flujo implicaría que éste alcanzaría primero las islas occidentales que, sin embargo, son las más modernas.

## NUEVOS DATOS

Dos grupos de datos han sido decisivos para aclarar el origen del archipiélago. El primero fue la realización (Hoernle *et al.*, 1995) de una campaña de tomografía sísmica. Aunque estos autores proclamaron que el punto caliente había sido confirmado, lo cierto es lo contrario: como puede verse (Fig. 1), las Canarias están situadas sobre litosfera fría, y cerca (pero no encima) del borde de una moderada anomalía térmica del manto que (1) aflora en cambio bajo Madeira y el Atlas, y (2) tiene forma aplanada, y no columnar, y no tiene raíces en el manto inferior. Así

pues, lo que se ha conseguido demostrar es (1) la conexión entre las áreas fuente de los magmas que alimentan los volcanes de Canarias y del Atlas, y (2) que la litosfera bajo las Canarias no está siendo calentada actualmente, por lo que algún mecanismo auxiliar (tal como fusión por descompresión) sería necesario para justificar la actividad magmática en la zona.

El segundo impulso sobre la génesis de Canarias proviene de la geología regional. La cadena del Atlas, ahora bien estudiada, tiene espectaculares semejanzas con Canarias desde muchos puntos de vista: (1) tectónicos, con movimientos compresivos, transpresivos y transtensivos desde el final del Cretácico, con fases de deformación datadas en el Eoceno, Oligoceno y Mioceno. Las fallas principales están orientadas hacia el NE, el NW, o el N. (2) magmáticos, con centros volcánicos en el Alto y Medio Atlas en los que tanto la petrología de detalle (p.ej., la presencia de carbonatitas, comenditas o fonolitas hauynicas) como la cronología (actividad desde el Eoceno hasta el Pleistoceno, con un máximo en el Mioceno, e intervalos sin actividad de varios millones de años) recuerdan a la provincia magmática canaria.

## UN MODELO DE SÍNTESIS

¿Cuál es el origen de la anomalía térmica tabular que subyace las Canarias? Wigger *et al.* (1992) fueron los primeros en proponer que se trataba de una pluma "fósil", que

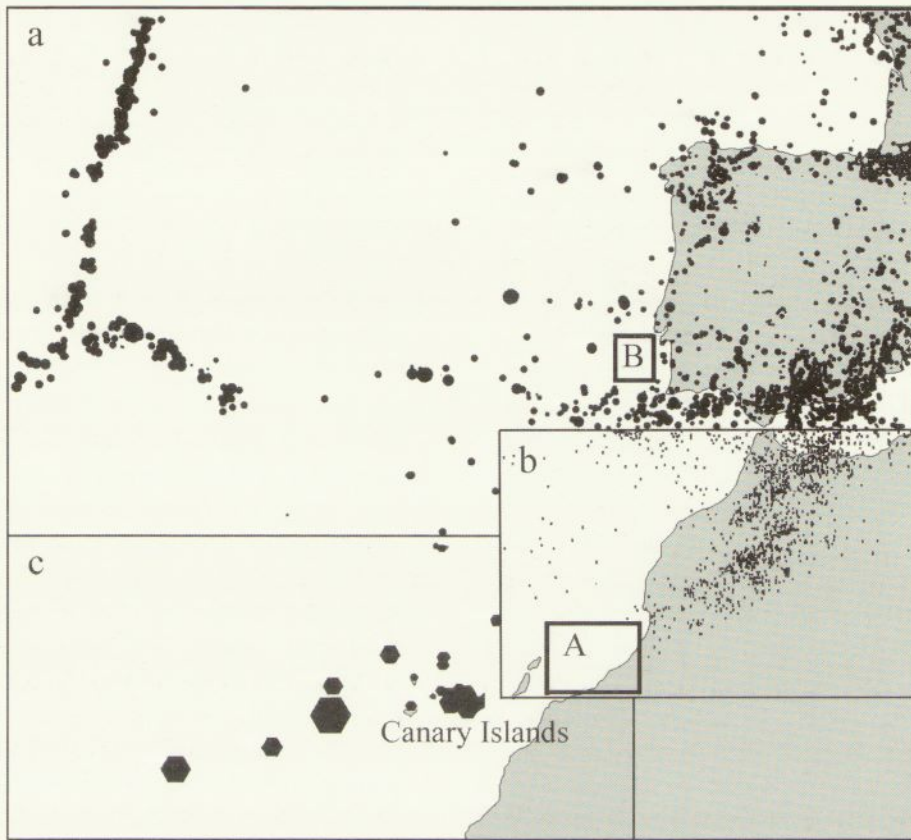


FIGURA 2: Sismicidad reciente en las Canarias y áreas próximas. En las zonas a y c el tamaño de los signos es proporcional a la magnitud. Los recuadros A y B son las lagunas sísmicas de Canarias y Lisboa. En el área de Canarias, los seísmos de la zona b son de Medina y Cherkaoui (1991) y los de la zona c de Wysession (1995).

fue activa durante la apertura del Atlántico. Ahora, este manto térmicamente anómalo está extendido por el centro-este del Atlántico, por África noroccidental, el Mediterráneo y Europa occidental y central. No es lo bastante caliente para generar magmatismo más que cuando una tectónica distensiva favorece la fusión: así se explican las provincias volcánicas europeas, por ejemplo.

El modelo de síntesis para las Canarias está basado en la extensión de este concepto al archipiélago y también a la vecina provincia atlásica. El magmatismo canario resultaría del drenaje de esta antigua anomalía térmica a través de la red de fracturas heredada de un antiguo aulacógeno formado por una rama abortada de la dorsal atlántica en el lugar que ahora ocupa la cadena del Atlas. Esta hipótesis explica:

(1) Los datos de la tomografía sísmica, que muestran una litosfera canaria fría y un manto sublitosférico sólo moderadamente caliente.

(2) La actividad simultánea y múltiple: las erupciones sólo dependen del régimen tectónico.

(3) La elevación de las islas: tanto en el Atlas como en el fondo oceánico canario abundan las estructuras "en flor", producidas por movimientos de cizalla en régimen transpresivo. Los bloques levantados canarios tienen las mismas dimensiones que estas estructuras.

(4) Los intervalos sin actividad: los periodos de magmatismo mejor datados, los del complejo basal de Fuerteventura, se producen tras épocas compresivas, en las cuales el magma no puede llegar a la superficie.

(5) La persistencia en el tiempo del vulcanismo canario, y su bajo (y decreciente) rendimiento magmático: la anomalía fósil es exprimida poco a poco, y da señales de agotamiento.

(6) La identidad petrológica entre el vulcanismo canario y el atlásico.

(7) La coincidencia en el tiempo entre los periodos (Cretácico, Eoceno, Oligoceno y Mioceno) de deformación-elevación en el Atlas y de deformación en las islas y en el fondo marino entre éstas y África.

(8) La ausencia de una elevación batimétrica y de un alto del geode: no hay ninguna corriente activa bajo la litosfera de Canarias que los produzcan.

(9) La geoquímica isotópica: las huellas de la pluma se han diluido por contaminación con material del manto superior.

La explicación sobre la migración del vulcanismo hacia el Oeste no es, por el contrario, convincente: de alguna forma aún no comprendida la compresión (y distensión) causadas por las colisiones del bloque magrebí (Meseta) contra el cratón africano se propagan hacia el Atlántico (y

quizá también hacia el Mediterráneo a través de la falla de Alborán).

## DISCUSIÓN

El principal obstáculo de este modelo sintético es la ausencia de fracturas recientes entre las Canarias y África. Un mapa sísmico del área (Fig. 2) permite confirmar la ausencia de fallas con la de focos sísmicos: una nítida laguna sísmica existe entre las islas y el final del Atlas. Como los seísmos continúan al otro lado, debemos suponer que la deformación se transmite (mediante flujo plástico, y por tanto asísmicamente) a través de esta zona de calma: los sedimentos se deforman plásticamente en lugar de fracturarse, y entre Canarias y el Atlas existe un prisma sedimentario de más de 12 km de espesor, una huella del antiguo aulacógeno. La laguna sísmica entre Lisboa y la falla Azores-Gibraltar tiene igual origen.

La provincia atlántico-mediterránea-europea no es la única región volcánica que se alimenta de anomalías térmicas fósiles. Otros casos son: (1) las dorsales medio-oceánicas, sobre cuyo régimen de magmatismo pasivo hay acuerdo general. (2) la astenosfera, con frecuencia alimentada por plumas que se extienden por el manto superior. (3) Muchos rifts continentales, como el de Oslo, que no fueron formados por plumas activas. (4) Muchas cadenas volcánicas (Marquesas, Cook-Austral, Fernando de Noronha, línea del Camerún) en las que no se cumple la relación edad-distancia al supuesto punto caliente.

## CONCLUSIONES

1. El modelo presentado adopta explicaciones parciales de las hipótesis anteriores: del punto caliente toma la evidencia de que la fuente de los magmas es una anomalía térmica en el manto, aunque no se trate de una anomalía "activa".
2. De la fractura propagante adopta la idea de que la tectónica de la región es decisiva para la génesis del magma y su llegada a la superficie, aunque el cuadro tectónico sea mucho más complejo de lo propuesto en principio.
3. De la hipótesis de los bloques elevados queda la explicación de la elevación (tectónica) de las islas, aunque

el tipo de fracturas sea distinto al teorizado inicialmente.

4. Muchas provincias magmáticas en las que el modelo del punto caliente o el control tectónico presentan deficiencias pueden explicarse con este modelo híbrido.

## REFERENCIAS

- Anguita, F. y Hernán, F., (1975): A propagating fracture model versus a hot-spot origin for the Canary Islands. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 27: 11-19.
- Araña, V. y Ortiz, R., 1986. Marco geodinámico del volcanismo canario. En: *Física*, Vol. Esp., 82: 202-231.
- Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H., Rodríguez, E., Canas, J.A. y Pérez, F.J., (1998): Hotspot volcanism close to a passive continental margin. *Geol. Mag.*, 135: 591-604.
- Fernández, C., Casillas, R., Ahijado, A., Perelló, V. y Hernández-Pacheco, A., (1997): Shear zones as a result of intraplate tectonics in oceanic crust: The example of the Basal Complex of Fuerteventura (Canary Islands). *J. Struct. Geol.*, 19: 41-57.
- Hoernle, K. y Schmincke, H.U., (1993): The role of partial melting in the 15-Ma geochemical evolution of Gran Canaria: A blob model for the Canary hotspot. *J. Petrol.*, 34: 599-626.
- Hoernle, K., Zhang, Y.S. y Graham, D., (1995): Seismic and geochemical evidence for large-scale mantle upwelling beneath the eastern Atlantic and western and central Europe. *Nature*, 374: 34-39.
- Medina, F. y Cherkaoui, T., (1991): Focal mechanisms of the Atlas earthquakes, and tectonic implications. *Geol. Rundsch.*, 80: 639-648.
- Schmincke, H.U., (1973): Magmatic evolution and tectonic regime in the Canary, Madeira and Azores islands groups. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84: 633-648.
- Wigger, P., Asch, G., Giese, P., Heinsohn, W.D., El Alami, S.O. y Ramdani, F., (1992): Crustal structure along a traverse across the Middle and High Atlas Mountains derived from seismic refraction studies. *Geol. Rundsch.*, 81: 237-248.
- Wysession, M.E., Wilson, J., Bartkó, L. y Sakata, R., (1995): Intraplate seismicity in the Atlantic Ocean basin: A teleseismic catalog. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 85: 755-774.